

1. Non-CO₂ 온실가스의 일반 현황

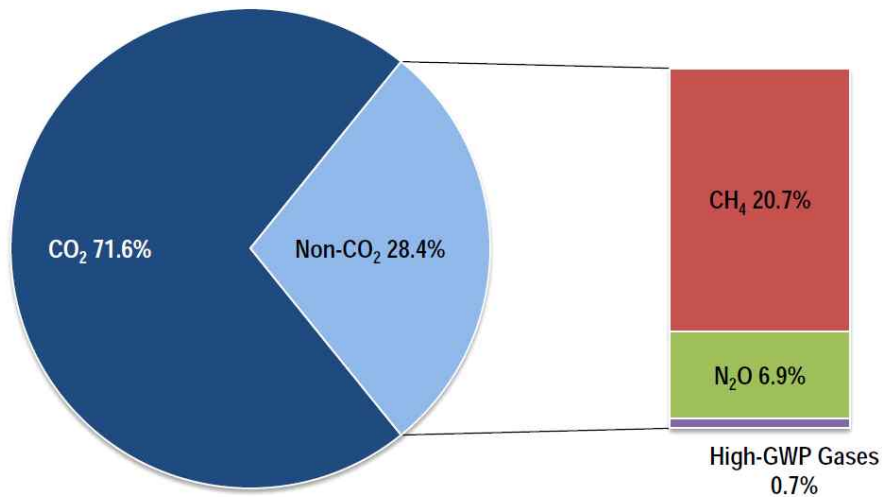
정 순 관

산업혁명 이후 전 세계 산업화가 급격히 진행됨에 따라 온실가스 배출량이 증가하고 이로 인한 지구온난화현상이 전 지구적 관심을 받고 있다. 온실가스는 적외선 복사열을 흡수 또는 재방출하여 온실효과를 유발하는 대기중의 가스 형태 물질로서 2005년 발표된 교토의정서에는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)을 6대 주요 온실가스로 지정하였다[이후 NF₃가 온실가스로 추가됨]. 6대 온실가스 중 화석연료의 연소에 의해 발생하는 이산화탄소가 전체 온실가스 중 약 70%를 차지하며 제어 가능하기(controllable gas) 때문에 가장 큰 주목을 받고 있다. 그러나 인류의 안정적 생존을 위해 국제에너지기구(IEA : International Energy Agency)에서 제시하는 BlueMap scenario(2050년 온실가스 배출량을 2005년 대비 절반으로 줄이는 것을 목표로 이를 위한 다양한 기술의 적용을 제안한 시나리오)를 충족시키기 위해서는 이산화탄소외에 지구온난화지수(GWP : Global Warming Potential - 이산화탄소 1kg과 비교하였을 때 어떤 온실가스가 대기 중에 방출된 후 특정 기간 그 기체 1kg의 가열 효과가 어느 정도인가를 평가하는 척도. 100년을 기준으로 이산화탄소의 GWP를 1로 봄.)가 높은 Non-CO₂ 온실가스에 대한 저감 역시 병행해야 한다. 본 전문연구에서는 Non-CO₂ 온실가스에 대한 일반적인 현황, 주요 국가의 연구개발 동향, 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆), 삼불화질소(NF₃)에 대한 저감기술을 소개하여 Non-CO₂ 온실가스에 대한 이해를 돕고자 한다.

<표 1> 주요 온실가스의 지구 온난화 지수

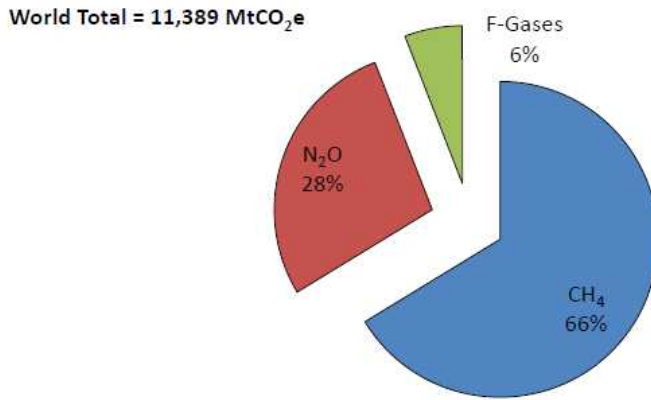
Gas	GWP	Gas	GWP
CO ₂	1	HFC-227ea	2,900
CH ₄	21	HFC-236fa	6,300
N ₂ O	310	HFC-4310mee	1,300
HFC-23	11,700	CH ₄	6,500
HFC-32	650	C ₂ F ₆	9,200
HFC-125	2,800	C ₄ F ₁₀	7,000
HFC-134a	1,300	C ₆ F ₁₄	7,400
HFC-143a	3,800	SF ₆	23,900
HFC-152a	140	NF ₃	17,200

온실가스에 의한 지구온난화 및 저감 기술에 대한 다양한 연구와 정책제언을 수행하고 있는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 발표한 *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*에 따르면 산업혁명이후 지구상에 온실효과를 일으킨 온실가스는 이산화탄소가 71.6%, Non-CO₂ 온실가스가 28.4%를 차지하며 Non-CO₂ 온실가스 중에는 메탄 20.7%, 아산화질소 6.9%, 기타 불소성분이 포함된 화합물 0.7%인 것으로 나타났다.



[그림 1] 산업혁명이후 지구온난화에 영향을 준 온실가스 분율.
(IPCC, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*)

전 세계에서 배출하는 Non-CO₂ 온실가스는 2010년을 기준으로 약 11,389MtCO₂eq.를 배출하였으며 2030년에는 33% 정도 증가한 15,157 MtCO₂eq.에 이를 것으로 예측되고 있다 [*Global Anthropogenic Non-CO₂ Gas Emissions: 1990-2030 (USEPA, 2012)*]. 주요 Non-CO₂ 온실가스 배출원은 에너지, 폐기물처리, 산업공정 및 농업 부문이며 중국, 미국, 러시아, 인도, 브라질이 5대 주요 배출국으로 전체 Non-CO₂ 온실가스 배출량의 약 40%를 차지하고 있다. Non-CO₂ 온실가스를 배출원으로 구분하면 다음 그림과 같이 메탄 66%, 아산화질소 28%, 불소가스 6%로 나타난다.

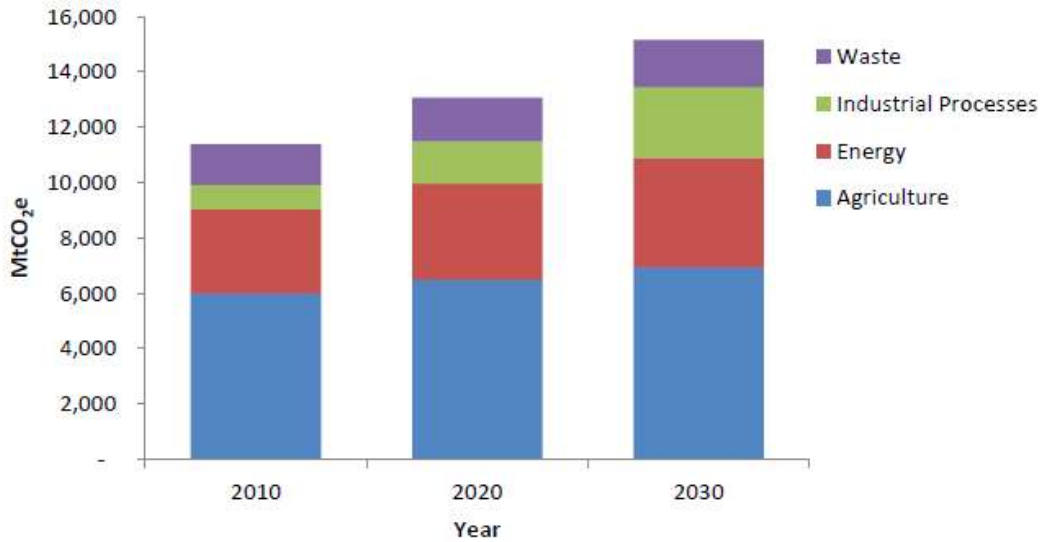


[그림 2] 2010년 기준 Non-CO₂ 온실가스의 배출 분율.

Global Anthropogenic Non-CO₂ Gas Emissions: 1990-2030 (USEPA, 2012)

향후 2020년과 2030년 Non-CO₂ 온실가스 예상 배출에 대한 미국 EPA에서 분석한 자료에 의하면 2010년을 기준으로 2030년에 불소가스는 약 300% 이상 증가하며 메탄과 아산화질소의 증가율은 작을 것으로 예측하였다. 전체 Non-CO₂ 온실가스 중 불소가스의 분율은 2010년 4%대에서 2030년 15%로 크게 증가하는 것은 불소가스의 GWP가 높아 온실효과를 크게 증가시킬 뿐 아니라 오존층 고갈이라는 또 다른 환경문제를 야기시킬 수 있기 때문에 이에 대한 각별한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

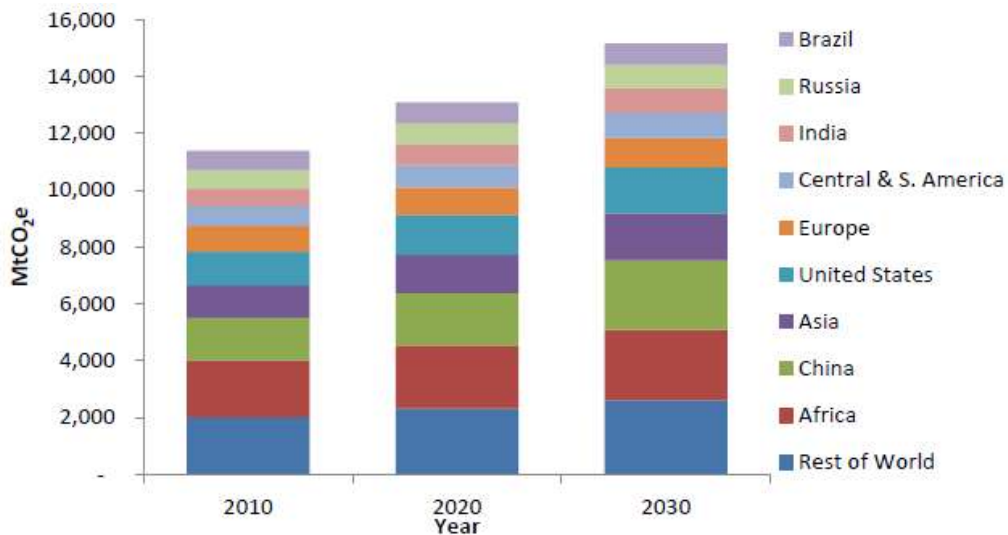
Non-CO₂ 온실가스 배출원과 배출국을 좀 더 자세히 분석하면 다음과 같다. Non-CO₂ 온실가스가 주로 배출되는 분야는 에너지, 폐기물, 산업공정, 농업의 4분야를 들 수 있다. 다음 그림은 각 영역에서 배출되는 Non-CO₂ 온실가스와 이의 향후 배출 예상량을 나타낸 그림이다. 농업분야는 토양 및 거름과 같은 비료, 살균작, 가축의 장 발효(enteric fermentation), 바이오매스 연소 등에서 발생한다. 에너지 분야에서는 석탄 채굴, 천연가스 수송, 가스 및 오일 생산 등에서 발생한다. 폐기물분야는 도시 폐기물 처리와 같이 다양한 폐기물을 처리하는 공정에서 배출되며 불소가스는 반도체 공정, 알루미늄 생산 공정, 전기 배전 등에서 발생한다. 이중 농업 분야가 가장 큰 배출원으로 2010년 기준으로 전체 Non-CO₂ 온실가스의 약 45%를 차지하고 있다. 또한 에너지 분야는 23%, 폐기물 11%, 산업공정 7%를 차지하는 것으로 나타났다. 2030년에는 산업공정의 발생량이 2010년 대비 약 2배 이상 증가할 것으로 예측되며 폐기물 역시 큰 폭으로 상승할 것으로 보여진다.



[그림 3] Non-CO₂ 온실가스 배출 주요 분야.

Global Mitigation of Non-CO₂ Greenhouse Gases: 2010-2030, USEPA, 2013

Non-CO₂ 온실가스를 배출하는 주요 나라는 산업화가 이루어진 국가나 농업이 발달되어 있는 국가를 들 수 있다. 2010년 기준 주요 배출국은 중국, 미국, EU, 브라질, 러시아순이며 전체 배출량의 약 44%를 차지한다. Non-CO₂ 온실가스 배출량의 순위는 변할지라도 위 5개 지역이 차지하는 배출 분율은 2030년까지 거의 유사할 것으로 예측된다.



[그림 4] 주요 국가별 Non-CO₂ 온실가스 배출량.

Global Mitigation of Non-CO₂ Greenhouse Gases: 2010-2030, USEPA, 2013

우리나라의 2011년 온실가스 배출량은 697.7 백만톤CO₂eq. 인 것으로 나타났다. 에너지 다소비 업종이 산업의 근간을 이루고 있는 우리나라의 산업구조 상 이산화탄소가 전체의 89.4%인 624.0 백만톤CO₂eq.로 대부분을 차지하고 있었으며 메탄은 29.1 백만톤CO₂eq.(4.2%), SF₆ 19.1 백만톤CO₂eq.(2.7%), N₂O 14.7 백만톤CO₂eq.(2.1%), HFCs 8.0 백만톤CO₂eq.(1.2%), PFCs 2.7 백만톤CO₂eq.(0.4%)으로 나타났다[2013 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 온실가스종합정보센터]. 1990년에 비해서는 농업의 감소로 인해 CH₄의 배출량은 감소하였으며 냉매로 사용되는 HFCs와 반도체 제조, 액정표시장치 제조 공정에 사용되는 SF₆ 등 불소계 온실가스의 배출량이 크게 증가하였다.

<표 1> 우리나라의 온실가스 배출량

(단위: 백만톤CO₂eq.)

온실가스	1990	2000	2011	1990년 대비 2011년 증가율
CO ₂	252.4	441.1	624.0	147.3%
CH ₄	31.7	28.7	29.1	-8.1%
N ₂ O	10.7	19.3	14.7	37.7%
HFCs	1.0	8.4	8.0	717.1%
PFCs	-	2.2	2.7	63.5%
SF ₆	-	11.3	19.1	274.9%
총배출량	295.7	511.3	697.7	136.0%

*총배출량은 LULUCF제외

**LULUCF : Land Use, Land-Use Change and Forestry, 토지이용, 토지이용 변화 및 임업
우리나라 2011년 - 43.0백만톤 CO₂eq. 즉 상기 량을 흡수함.

상기에서 정리한 것과 같이 Non-CO₂ 온실가스는 각 배출가스에 따라 다른 특성을 보이고 있으며 이를 Non-CO₂ 온실가스저감기술개발사업단 박찬영박사는 다음과 같이 정리하였다. 1) 2000년대 이후 Non-CO₂ 온실가스 배출량이 급격히 증가하는 경향을 보임. 2) 세계의 절대적 배출량은 F-gas 가 가장 적은 양이고 CH₄가 가장 많은 배출을 보임. 이는 매립지, 음식폐기물, 축산분뇨 등 메탄의 주 발생원이 세계 어디에나 분포되어 있으며 신 에너지원으로 대두되는 셰일가스의 영향도 있는 것으로 사료됨. 3) N₂O는 화학공장, 환경 분야, 이동오염원이 주 발생지이며 2000년 이

후 소폭이지만 꾸준히 상승함. 4) F-gas의 비중은 전자산업등과 밀접한 관계를 보이고 있기 때문에 OECD등 선진국에서 차지하는 비중이 높으며 다른 Non-CO₂ 온실가스와 비교할 때 전 세계적으로 빠르게 증가하고 있음. [박찬영, 기후변화 대응을 위한 Non-CO₂ 온실가스 감축노력, 환경정보 2014 05+06, 환경보전협회]

따라서 Non-CO₂ 온실가스 저감을 위해서는 각 온실가스의 종류와 발생원에 따른 최적의 기술을 선택하여야 하며 향후 각각의 Non-CO₂ 온실가스에 대한 최적 저감 기술에 대해 기술하겠다.